



MONOGRAF

PERAN PROSES
DESINFEKSI DALAM
UPAYA PENINGKATAN
KUALITAS PRODUK AIR
BERSIH

MUNAWAR ALI

Monograf
PERAN PROSES DESINFEKSI DALAM UPAYA PENINGKATAN
KUALITAS PRODUK AIR BERSIH

Penyusun

Munawar Ali

Staf Pengajar Program Studi Teknik Lingkungan , FTSP
UPN "VETERAN" JAWA TIMUR, Surabaya

Editor Ahli

Prof.Dr. Ir. Wahyono Hadi, MSc

Editor

Purnomo Edi Sasongko.

Penerbit

Upn press

Cetakan

I. Surabaya, 2010

Perpustakaan Nasional Indonesia
Munawar, Ali
Monograf Peran Proses Desinfeksi/
Munawar Ali -Cet.1-
Surabaya, UPN "Veteran" Jawa Timur,
2010.
X + 50 halaman;
ISBN : 978-602-9372-48-9

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur kehadiran ALLAH Subhanahu Wata'ala atas nikmat dan karunia yang telah banyak diberikan, dan sholawat serta salam untuk junjungan Nabi akhir zaman Muhammad Rasulillahi Sollallahu Alaihi Wasallam. Beliau telah memberikan arahan dan petunjuk pada jalan yang benar dan Beliau juga sebagai sentral inspirasi berfikir dan berbuat dalam mengisi disemua lini kehidupan. Atas hal tersebut, sehingga penulisan buku monograf ini dapat dirampungkan berjudul **PERAN PROSES DESINFEKSI DALAM UPAYA PENINGKATAN KUALITAS PRODUK AIR BERSIH**

Buku monograf ini merupakan hasil studi di laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur Surabaya. Penyusunan buku monograf ini dapat terselesaikan atas bantuan dan dukungan dari berbagai pihak khususnya bantuan dari tenaga laboratorium dan mahasiswa yang terlibat secara aktif.

Akhirnya, terlepas dari kekurangan yang ada penulis berharap mudah-mudahan buku monograf ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan akan datang.

Surabaya, April 2009

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	v
I PENDAHULUAN	1
II PENGOLAHAN AIR BERSIH	4
2.1 Air Bersih	4
2.2 Tahapan Proses Pengolahan Air Bersih	5
2.2.1 Koagulasi	5
2.2.2 Flokulasi	5
2.2.3 Sedimentasi	5
2.2.4 Filtrasi	5
2.3 Parameter Fisik Air	6
2.3.1 Kekeruhan	6
2.3.2 Warna	6
2.3.3 Jumlah Total Padatan Terlarut	7
2.3.4 Suhu	7
2.3.5 Daya Hantar Listrik	7
2.3.6 Salinitas	7
III DESINFEKSI	8
3.1 Bahan Desinfeksi	9
3.1.1 Klorine Cair (Liquid Chlorine)	10
3.1.2 Senyawa Hypochlorite	10
3.1.3 Chloride Of Lime (CaOCl ₂)	12
3.1.4. Chlorine Dioksida (ClO ₂)	12

3.1.5 Calcium Hypochlorite $\text{Ca}(\text{OCl})_2$	13
3.2 Jenis Desinfeksi Dalam Air Minum	15
3.2.1 Desinfeksi Secara Fisika	15
3.2.2 Desinfeksi secara Kimia	16
3.2.3 Jenis Bahan Kimia Pengoksidasi	16
3.3 Indikator Biologi	18
3.4 Bakteri Escherichia Coli (E-coli)	20
3.5 Perhitungan Mikroorganisme	23
3.5.1 Metode Pengenceran	25
3.5.2 Metode Membran Filter	25
3.5.3 Metode MPN (<i>Most Probable Number</i>)	26
3.6 Kebutuhan Klor dalam Desinfeksi	27
IV ANALISA PROSES DESINFEKSI	29
4.1 Pengaruh Waktu Pengadukan Terhadap Jumlah Mikroorganisme (MPN)	29
4.2. Pengaruh Waktu Pengadukan Terhadap Prosentase Penurunan Jumlah Mikroorganisme (%)	31
4.3 Pengaruh Waktu Pengadukan (menit) terhadap Derajat Keasaman (pH)	34
V PENUTUP	31
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	41

DAFTAR TABEL

Halaman

Tabel 1.	Jenis Dan Sifat Bahan Desinfeksi	13
Tabel 2.	Kadar Klor Yang Dibutuhkan Pada 130 Perusahaan Air Minum Di Amerika Serikat	27
Tabel 3.	Pengaruh Klor Bebas Pada Beberapa Tingkat Konsentrasi	28
Tabel 4	Pengaruh Waktu Pengadukan Dengan Dosis Calsium Hypochlorite ($\text{Ca}(\text{OCl}_2)$) Dalam Mg/Lt Terhadap Jumlah Mikroorganisme (MPN)	29
Tabel 5.	Pengaruh Waktu Pengadukan terhadap Prosentase Penurunan Bakteri E. Coli (%)	32
Tabel 6.	Pengaruh Waktu Pengadukan Terhadap Derajat Keasaman (pH)	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Hubungan Antara Waktu Pengadukan dengan Jumlah Mikroorganisme.	31
Gambar 2. Hubungan Antara Prosentase Penurunan Bakteri E. Coli dengan Variasi Dosis (Mg/Lt) dan Waktu Pengadukan	33
Gambar 3. Hubungan Antara Waktu Pengadukan dengan pH Air Baku Setelah Penambahan Calcium Hypochlorite $\text{Ca}(\text{OCl})_2$	35

I PENDAHULUAN

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan RI. No. 416 / MENKES / PER / 1990, tentang syarat-syarat kualitas air disebutkan bahwa air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila setelah dimasak. Persyaratan air bersih yang dimaksud adalah persyaratan mikrobiologis, fisik, kimia dan radioaktif. (Pramitasari,2007).

Salah satu langkah penting pengolahan untuk mendapatkan air bersih adalah dengan membunuh bakteri yang tidak dikehendaki ada didalam air bersih, seperti bakteri patogen sebagai penyebab berbagai macam penyakit. Proses – proses yang dapat dilakukan untuk mengolah air baku adalah koagulasi – flokulasi, filtrasi, sedimentasi, aerasi, dan lain sebagainya. Tetapi proses – proses tersebut tidak menjamin hilangnya bakteri patogen dalam air bersih melainkan hanya sebatas menurunkan kekeruhan dan kandungan BOD – COD serta kandungan TSS dalam air baku. Proses – proses tersebut masih bisa meloloskan bakteri / mikroorganisme yang tidak diharapkan ada didalam air bersih. Bakteri patogen tidak akan hidup lama dalam air yang sangat asam atau basa, seperti air dengan pH <3 atau >11.(Hadi,2000)

Dalam proses pengolahan air baku menjadi air bersih, bakteri patogennya harus dihilangkan. Proses menghilangkan bakteri patogen yang kemudian menimbulkan bau yang tidak sedap dapat dilakukan dengan Desinfeksi. Hal yang perlu diperhatikan dalam konteks desinfeksi adalah bagaimana mencegah terjadinya pemindahan bibit penyakit ke tubuh manusia melalui air bersih dengan memutus rantai antara keduanya dengan cara desinfeksi. Ada 3 kategori mikroorganisme patogen di usus manusia yaitu baktei, virus, dan kista amoeba.(Hadi,2000)

Untuk pertimbangan praktis, desinfeksi harus memenuhi persyaratan seperti : dapat membunuh berbagai jenis dan semua populasi patogen yang

ada didalam air bersih dalam waktu dan suhu tertentu, selain itu desinfeksi tidak bersifat racun pada manusia dan juga kadarnya dalam air mudah dianalisa dan diketahui. Air dapat didesinfeksi dengan berbagai cara yaitu pemanasan, paparan ke sinar ultraviolet, dan reaksi dengan bahan kimia tertentu seperti bahan kimia oksidasi, ion logam, asam/ basa, dan bahan aktif permukaan.

Desinfeksi dapat dilakukan dengan cara fisik (pemanasan, ultraviolet) dan dapat juga dilakukan dengan menggunakan bahan kimia (Bromine, Iodine, Ozon, dan Klor). Dalam prosesnya Klor dapat direaksikan dengan air, Amonia (NH_3) dan bahan anorganik seperti Carbon (C), Cyanida (CN), H_2S dan Besi (Fe).

Jenis – jenis Klor yang sering digunakan sebagai desinfektan adalah gas klorine, sodium hypochlorite (NaOCl), dan Calcium Hypochlorite ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) atau disebut juga kaporit. Klor mempunyai kelemahan yaitu menimbulkan bau yang tidak sedap, juga mudah berubah oleh perubahan suhu dan temperatur. Selain itu juga menyebabkan terganggunya pernafasan pada konsentrasi lebih dari 3 ppm.(Mursid,1991)

Pada prses desinfeksi kali ini, kaporit digunakan sebagai desinfektan. Air hasil dari proses koagulasi kemudian didesinfeksi dengan kaporit. Kaporit digunakan sebagai desinfektan karena harganya yang lebih murah, lebih stabil dan lebih melarut dalam air (Mursid,1991). Parameter yang diukur adalah jumlah bakteri E. Coli. Karena bakteri E. Coli adalah indikator pencemaran. Bakteri ini juga mengakibatkan banyak infeksi pada saluran pencernaan (enteric) manusia dan hewan, juga penyebab penyakit pada beberapa tanaman (Pelezar dan Chan, 1988). Sedangkan peubah yang dijalankan adalah jenis desinfektan yaitu kaporit ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) dan waktu pengadukan.

Kebutuhan air untuk sanitasi dibutuhkan jumlah yang cukup besar, sedangkan air hasil koagulasi – flokulasi belum bisa digunakan untuk sanitasi.

Kandungan bakteri E. Coli dalam air baku melampui baku mutu air bersih yang ditetapkan oleh Menteri Kesehatan RI, hal ini menyebabkan air tidak bias digunakan untuk keperluan sanitasi..

II PENGOLAHAN AIR BERSIH

Dalam pengolahan air bersih , pada dasarnya dilakukan untuk menghilangkan materi yang terbawa di dalam badan air. Sehingga perlu diketahui materi yang perlu dihilangkan, hal ini menyangkut beberapa parameter fisik,kimia mikroba dalam air.

2.1. Air Bersih

Peraturan Menteri Kesehatan RI.No.416/MENKES/PER/IX/1990, tentang syarat-syarat kualitas air disebutkan bahwa air bersih adalah air yang digunakan untuk keperluan sehari-hari yang kualitasnya memenuhi syarat kesehatan dan dapat diminum apabila setelah dimasak.

Persyaratan air bersih yang dimaksud adalah persyaratan mikrobiologis, fisik, kimia dan radioaktif. Air bersih yang dikonsumsi dan dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari harus memenuhi keseluruhan persyaratan yang telah ditetapkan oleh Permenkes. Air yang tidak memenuhi salah satu persyaratan tersebut sebelum digunakan sebagai air minum masih perlu dilakukan pengolahan selanjutnya.

Salah satu syarat sebelum digunakan sebagai air minum adalah persyaratan mikrobiologi dan yang perlu diperhatikan keberadaan bakteri coliform dalam air yang diperbolehkan kadar maksimum 0 per 100 ml untuk air minum dan 10 per 100 ml untuk air bersih. Organisasi kesehatan dunia (WHO) telah menetapkan kebutuhan air per orang per hari untuk kebutuhan hidup sehat adalah 60 liter. Kebutuhan tersebut harus mencakup kuantitas, kualitas dan kontinuitas. (Pramitasari, 2007).

2.2. Tahapan Proses Pengolahan Air Bersih

Secara umum pengolahan air bersih dibedakan menjadi dua: pengolahan lengkap dan pengolahan tak lengkap. Pengolahan lengkap biasanya digunakan untuk mengolah air permukaan dan pengolahan tak lengkap biasanya digunakan untuk mengolah air tanah.

Proses pengolahan air minum yang dilakukan untuk air permukaan (misal : sungai) adalah proses pengolahan lengkap. (Razif, 1986). Proses pengolahan air melalui tahapan proses.

2.2.1 Koagulasi

Koagulasi merupakan proses pencampuran koagulan dalam air melalui pengadukan cepat. Untuk menentukan dosis koagulan digunakan analisa Jartest. Yang mempengaruhi dosis koagulan adalah : pH air, kekeruhan, lama pengadukan dan suhu air.

2.2.2 Flokulasi

Flokulasi merupakan proses pembentukan flok – flok melalui pengadukan lambat setelah proses koagulasi.

2.2.3 Sedimentasi

Berfungsi untuk mengendapkan flok – flok dari pengadukan lambat yang ukuran, bentuk dan beratnya berubah selama pengendapan. Efisiensi pengendapan menentukan pembebanan ke filter, periode pencucian filter dan kualitas effluen filter. Sedangkan pemisahan flok tergantung pada kedalaman bak dan kecepatan aliran permukaan.

2.2.4 Filtrasi

Unit saringan pasir (filter) merupakan proses pemisahan akhir padatan tersuspensi yang ada di dalam air pada instalasi pengolahan air

minum. Jenis media yang digunakan sebagai penyaring bervariasi, mulai dari : single media; yaitu dengan satu jenis pasir, dual media; yaitu dengan antrasit dan pasir, dan multi media; dengan tambahan media granit yang lebih halus.

2.3 Parameter Fisik Dalam Air

Parameter fisik yang terkandung dalam air meliputi :

2.3.1 Kekeruhan

Kekeruhan air disebabkan oleh zat padat yang tersuspensi, baik yang bersifat anorganik maupun industr. Zat anorganik biasanya berasal dari lapukan batuan dan logam, sedangkan zat industr dapat berasal dari lapukan tanaman atau hewan. Buangan industry dapat juga merupakan sumber kekeruhan. Zat industr dapat menjadi makanan bakteri, sehingga mendukung perkembangbiakannya. Bakteri ini juga merupakan zat industr tersuspensi, sehingga pertambahannya akan menambah juga kekeruhan air. Demikian pula dengan *algae* yang berkembang biak karena adanya zat hara N, P, K akan menambah kekeruhan air. Air yang keruh sulit untuk didesinfeksi, karena mikroba terlindung oleh zat tersuspensi tersebut. Hal ini tentu berbahaya bagi kesehatan, bila mikroba itu patogen.

2.3.2 Warna

Air minum sebaiknya tidak berwarna untuk alasan estetika dan untuk mencegah keracunan dari berbagai zat kimia maupun mikroorganisme yang berwarna. Warna dapat disebabkan adanya tannin dan asam humat yang terdapat secara alamiah di air rawa, berwarna kuning muda, menyerupai urine, oleh karenanya orang tidak mau menggunakannya. Selain itu, zat industr ini bila terkena klor dapat membentuk senyawa – senyawa industry6m yang beracun. Warna juga dapat berasal dari buangan industry.

2.3.3 Jumlah Total Padatan Terlarut (TDS)

Zat padat dalam air yang terlarut dapat dibedakan menurut ukurannya sebagai : partikel koloid dan partikel tersuspensi. Jenis partikel koloid tersebut merupakan penyebab kekeruhan dalam air (efek tindall) yang disebabkan oleh penyimpangan sinar nyata yang menembus suspensi tersebut. TDS biasanya terdiri atas zat organik, garam anorganik dan gas terlarut.

Bila TDS bertambah maka kesadahan akan naik pula. Selanjutnya, efek TDS maupun kesadahan terhadap kesehatan tergantung pada spesies kimia penyebab masalah tersebut.

2.3.4 Suhu

Suhu air sebaiknya sejuk atau tidak panas terutama agar : tidak terjadi pelarutan zat kimia yang ada pada saluran pipa, yang dapat membahayakan kesehatan ; menghambat reaksi – reaksi biokimia di dalam saluran pipa. Suhu air sebaiknya sejuk agar mikroorganisme 7athogen tidak mudah berkembang biak dan bila di minum dapat menghilangkan dahaga (Hadi,2000).

2.3.5 Daya Hantar Listrik

Daya hantar listrik yang besar berarti air tersebut memiliki kemampuan untuk menghantarkan listrik.

2.3.6 Salinitas

Salinitas menyebabkan air menjadi berasa asin, karena adanya unsur garam dalam air, dan ini biasanya dipengaruhi oleh lokasi.

III. DESINFEKSI

Desinfeksi merupakan metode untuk membunuh bakteri yang tidak dikehendaki yang ada di dalam air minum, seperti bakteri patogen sebagai penyebab berbagai penyakit. Berbeda dengan sterilisasi yang berarti membunuh semua mikroorganisme hidup. Sasaran sterilisasi adalah untuk riset, penggunaan dalam bidang kedokteran dan farmasi. Air minum tidak memerlukan sterilisasi.

Desinfeksi sendiri dapat diartikan sebagai inaktivasi (membunuh) mikroorganisme patogen yang terdapat dalam air. Semula proses ini bertujuan untuk membunuh mikroorganisme penyebab penyakit (patogen), baik dari instalasi pengolahan atau yang masuk melalui jaringan distribusi. Mikroorganisme – mikroorganisme tersebut dapat berupa virus (penyebab poliomyelitis), bakteri (penyebab kolera, disentri, demam tifoid dan sebagainya), dan mikroorganisme lain.

Dalam perkembangan selanjutnya tujuan proses desinfeksi berkembang untuk oksidasi materi organik dan anorganik (Fe, Mn), destruksi bau dan rasa, kontrol terhadap pertumbuhan mikroorganisme. Dari tujuan desinfeksi tersebut, maka terdapat beberapa macam desinfeksi yang dapat diterapkan untuk pengamanan dalam air minum antara lain : secara fisik yaitu dengan pemanasan (pendidihan), irradiasi dengan ultraviolet, ion logam dengan menggunakan Cu^{2+} dan Ag^{2+} , alkali dan asam, dan dengan bahan kimia pengoksidasi yaitu bromine, klorine, iodine dan ozon.

Hal yang perlu diperhatikan dalam konteks desinfeksi adalah bagaimana mencegah terjadinya pemindahan bibit penyakit ke tubuh manusia melalui air minum dengan memutus rantai antara keduanya dengan desinfeksi. Ada 3 kategori mikroorganisme patogen di usus manusia, yaitu bakteri, virus dan kista amoeba.

Untuk pertimbangan praktis, desinfeksi harus memenuhi persyaratan seperti : dapat membunuh berbagai jenis dan semua populasi patogen yang ada didalam air minum dalam waktu dan suhu tertentu, desinfektan tidak bersifat racun terhadap manusia / binatang atau ditolak eksistensinya karena rasa / baunya, biaya pengadaannya murah, metode penyimpanan dan pemberiannya mudah / aman, kadarnya dalam air mudah dianalisa dan diketahui, dan masih menyisakan sejumlah kadar tertentu sebelum dianalisa. (Hadi, 2000).

Kemampuan desinfeksi dipengaruhi beberapa faktor yaitu konsentrasi desinfektan, waktu kontak, jenis dan jumlah mikroorganisme dan temperatur. Semakin besar konsentrasi desinfektan semakin besar pula laju desinfeksinya, sedangkan jenis desinfektan akan menentukan nilai koefisien pemusnahan spesifik.

1. Waktu Kontak.

Waktu kontak adalah waktu yang diperlukan desinfektan untuk membunuh mikroorganisme.

2. Mikroorganisme

Jenis dan konsentrasi mempengaruhi kemampuan desinfeksi. Setiap jenis mikroorganisme misalnya : bakteri, virus, parasit, mempunyai kepekaan yang berbeda terhadap desinfektan. Jumlah mikroorganisme yang besar, terutama yang patogen akan memerlukan dosis desinfektan yang besar pula.

3. Temperatur

Temperatur mempengaruhi aksi desinfeksi karena meningkatnya temperatur akan mempercepat kematian mikroorganisme (Yusuf, 2005)

3.1. Bahan yang dipakai untuk Desinfeksi

Terdapat beberapa macam bentuk senyawa klor yang biasa digunakan dalam pengolahan air minum. Senyawa – senyawa tersebut berada dalam ikatan dengan garamnya yang berbentuk padat pada kondisi udara luar.

Meski berbentuk padat, garam – garam ini mudah terurai atau mengalami penurunan kadar pada kondisi udara luar, sehingga harus dilakukan penyimpanan pada udara yang dingin dan kering. Klor sebagai desinfektan dapat diperoleh dari beberapa jenis persenyawaan, antara lain : klorine cair (liquid chlorine), senyawa hipochlorite, chloride of lime (CaOCl_2) dan chlorine dioksida (ClO_2).

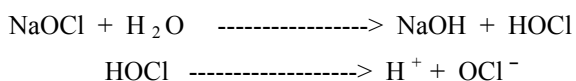
3.1.1 Klorine Cair (Liquid Chlorine)

Klorine cair adalah gas klor yang dikondisikan pada tekanan dan temperatur tertentu sehingga berbentuk cair. Besar tekanan yang dibutuhkan kurang lebih 2,66 atmosfer pada tekanan 0°C , sedang pada temperatur 100°C tekanan yang dibutuhkan sebesar 41 atmosfer. Untuk menjaga tekanan yang besar tersebut, cairan klorine disimpan dalam tabung yang terbuat dari baja / besi. Pada kondisi udara luar cairan klor ini berbentuk gas sehingga untuk pelaksanaan injeksi tabung penampung tersebut cukup dihubungkan dengan pipa dan dilakukan pengaturan debit dan tekanannya. Gas klor pada udara kering tidak korosif tetapi pada kondisi udara lembab gas ini sangat korosif. Kelarutan gas klor dalam air sangat tergantung dari temperatur, pH, kandungan garam terlarut, yang menghasilkan 100 % klor tersedia bebas. (Mursid, 1991)

3.1.2 Senyawa Hipochlorite

Hipochlorite merupakan bentuk senyawa klor dengan potensial oksidasi yang tinggi yang hampir sama dengan potensial oksidasi gas klor. Hipochlorite dapat dihasilkan dari hidrolisa garam – garam klorida dimana penyebarannya tergantung dari pH dan temperatur air. Menurut Mursid, 1991 senyawa hipochlorite antara lain : 1. Sodium Hipochlorite (NaOCl). Sodium Hipochlorite (NaOCl) berbentuk garam dengan kandungan klor tersedia sebesar 5 – 15 %. Pemilihan kekuatan larutan dan lokasi tempat penyimpanan

dapat dipengaruhi oleh sifat membeku, dimana titik beku minimum kira – kira - 20° F terjadi untuk konsentrasi 18 %. Pembekuan terjadi kira – kira pada 10° F dan 22° F berturut – turut dalam dan 5 % larutan. Kandungan ini akan mengalami degradasi selama penyimpanan sehingga pengontrolan larutan harus dilakukan. Sodium hipochlorite (NaOCl) tidak ekonomis bila dibandingkan dengan gas klor, karena dengan kadar klor tersedia yang rendah maka bahan yang dibutuhkan dalam pembubuhan akan jauh lebih banyak. Sodium hipochlorite mempunyai tingkat korosifitas yang tinggi, tidak stabil, membutuhkan tempat penyimpanan dengan temperatur di bawah 85° C dan pada kondisi asam dapat melepaskan gas klor ke udara. Senyawa ini banyak digunakan untuk instalasi kecil. Dalam air sodium hipochlorite akan terhidrolisa menurut reaksi sebagai berikut:



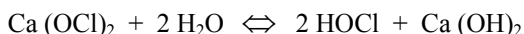
Dengan naiknya nilai pH keberadaan HOCl akan menurun sedang konsentrasi OCl^- semakin meningkat. 2. Calsium Hipochlorite ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) . Lebih sering dikenal dengan nama kaporit, merupakan padatan bubuk berwarna putih non higroskopik, korosif, menimbulkan bau klor dan mengandung klor tersedia sebesar 60 – 70 %. Senyawa ini lebih sering dipergunakan dari pada CaOCl_2 (*chlorite of lime*), karena sifatnya yang lebih stabil dan lebih melarut dalam air. Untuk menjaga kestabilan dalam air sering ditambahkan soda abu (Na_2CO_3) yang akan membentuk NaOCl dan CaCO_3 sebagai endapan. Cara pemakaiannya secara umum adalah dengan dilarutkan dalam tangki pelarut secara batch didekat titik aplikasi kemudian cairannya dialirkan ke titik aplikasi. Sedangkan endapan yang dihasilkan ditahan dalam tangki. Bahan yang dibutuhkan dengan menggunakan senyawa ini lebih banyak dibandingkan dengan menggunakan gas klor.

3.1.3 Chloride Of Lime (CaOCl₂)

Kapur chlorida (*chloride of lime*) disebut juga kelantang berbentuk padat dengan kandungan klor tersedia sebesar 25 – 37 %. Senyawa ini tidak stabil dan mudah terdegradasi sehingga harus disimpan dalam drum dan ditempatkan pada udara dingin dan kering.

Kapur chlorida mengandung kapur yang tidak larut dalam air dan mengandung suspended solid yang menyebabkan kekeruhan. Dalam penerapan harus dilarutkan dahulu pada tangki penjunuh, sehingga kapur yang ada diendapkan dan larutan klor dipisahkan untuk diinjeksikan.

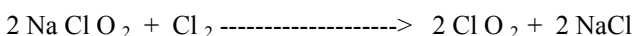
Kaporit akan bereaksi sama seperti Cl₂ yang dilarutkan dalam air, yaitu seperti reaksi di bawah ini :



3.1.4 Chlorine Dioksida (ClO₂)

Chlorine dioksida jarang digunakan untuk desinfeksi. Chlor dioksida berupa gas berwarna hijau kekuningan pada suhu kamar. Senyawa ini cepat terdegradasi oleh sinar ultraviolet dan sensitive terhadap temperatur dan tekanan, serta mudah meledak. Senyawa ini mempunyai potensial oksidasi yang hampir sama dengan asam hipochlorite. Oleh karena itu senyawa ini disiapkan pada tempat dan waktu yang digunakan (*on site*), sehingga membutuhkan pembangkit dalam penggunaannya.

Chlor dioksida bisa dihasilkan dari campuran gas klor dengan sodium hipochlorite. Chlorine dioksida dalam air tidak stabil dan mudah mengalami perubahan bentuk dan potensial oksidasi pada perubahan pH atau oleh kehadiran amonia. Chlorine dioksida dalam air dapat dikontrol dengan memberikan sodium chlorine oksida menurut reaksi sebagai berikut:



Untuk waktu kontak yang pendek, ClO_2 lebih menarik untuk digunakan, hanya bila karakteristik air banyak mengandung senyawa pengotor. Penggunaan materi ini menjadi tidak efektif.

Dari bahan – bahan desinfeksi tersebut dapat disimpulkan seperti tabel berikut :

Tabel 1. Jenis Dan Sifat Bahan Desinfeksi

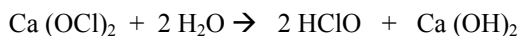
No	Jenis Desinfektan	Rumus Kimia	%Klor	Bentuk	Kandungan SS
1.	Liquid Chlorine	Cl_2	100	Gas	Tidak ada
2.	Sodium	NaOCl	3 – 15	Padat	Tidak ada
3.	Hypochlorite	$\text{Ca}(\text{OCl})_2$	65 – 70	Padat	Ada
4.	Calcium	Ca OCl_2	25 – 37	Padat	Ada
5.	Hypochlorite Chloride of Lime Chlorine Dioxide	ClO_2	263	Bubuk	Tidak ada

Sumber: R Mursid, 1991

3.1.5. Calcium Hypochlorite ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$)

Calcium Hypochlorite $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ umum disebut pula kaporit. Setelah terjadi wabah kolera di Hamburg, orang barat mulai mendesinfektir air minum dan desinfektan yang dipakai adalah Calcium Hypochlorite. Jadi kaporit adalah desinfektan yang tertua. Di Indonesia untuk mendesinfektir air minum banyak digunakan kaporit sebagai desinfektan, terutama oleh Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM). Perusahaan garam dan soda negara (PGSN) sudah dapat memproduksi kaporit dan produksinya sudah dapat memenuhi kebutuhan nasional sehingga kita tidak perlu mengimport kaporit lagi. Dengan

demikian harga menjadi semakin murah. Selain dari itu kaporit juga lebih stabil dan dapat disimpan lebih lama dari serbuk penglantang. (Hadi, 1980). Kita ketahui bahwa rumus kimia dari kaporit adalah Ca (OCl)_2 . Bila dilarutkan kedalam air maka reaksi kimianya berlangsung bertahap sebagai berikut :

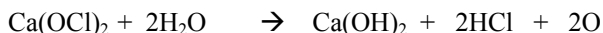


(As. Hypochlorite) (Calcium Hidroksida)



(As. Chlorida) (Atom Zat Asam)

Bila dijumlahkan kedua reaksi kimia diatas akan menjadi :



Jadi bila kaporit dilarutkan ke dalam air maka akan menghasilkan atom – atom zat asam. Atom – atom zat asam inilah yang sebenarnya aktif membunuh bakteri – bakteri, karena bakteri – bakteri dioksidir (di “ bakar “). Bakteri – bakteri juga mempunyai enzyrna dan oleh atom – atom zat asam enzyrna dioksidir sehingga bukan saja enzyrna tapi seluruh sel bakteri rusak. Karena rusak bakteri – bakteri pun mati. (Hadi, 1980). Dosis maksimum calcium hypochlorite adalah 3 mg / liter air. Apabila lebih dari 3 mg / liter air dapat menimbulkan gangguan pada pernafasan manusia. (A.M.D, 1986).

Kelebihan kaporit bila dibandingkan dengan klor yang lain adalah :

1. Menurut Austin 1984, keunggulan kaporit terutama ialah karena zat ini tidak terdekomposisi sebagaimana serbuk pemutih pada waktu terletak. Zat ini juga ada dua kali lebih kuat dari serbuk pemutih yang biasa dan tidak bersifat higroskopik.
2. Menurut Hadi, 1980, kaporit lebih stabil dan dapat disimpan lebih lama dari pada serbuk penglantang. Keuntungan lain ialah membuat larutan kaporit untuk dipergunakan sebagai zat desinfektan termasuk pekerjaan mudah. Namun kita juga harus hati – hati terhadap kaporit (juga desinfektan lain yang

mengandung klor), karena klor sangat bersifat korosif terhadap sebagian besar logam – logam, mudah bergabung hampir dengan semua unsure – unsure dan merupakan oksidator yang kuat, sehingga hampir semua barang – barang “ dirusak “ oleh klor kecuali barang – barang yang terbuat dari bahan – bahan gelas, plastik dan ebonite, maka wadah untuk menyimpan kaporit harus dibuat dari bahan ini. Kaporit berupa bubuk dan bersifat higroskopis, karena itu menyimpan kaporit harus ditutup rapat.

3. Menurut Mursid, 1991, kaporit lebih sering dipergunakan dari pada CaOCl_2 (*Chloride of Lime*), karena sifatnya yang lebih stabil dan lebih melarut dalam air.

3.2. Jenis Desinfeksi Dalam Air Minum.

Secara umum desinfeksi dapat dikelompokkan sebagai berikut : secara fisik, ultraviolet dan dengan menggunakan bahan kimia pengoksidasi.

3.2.1 Desinfeksi Secara Fisik

Dalam proses ini desinfeksi dilakukan dengan memanfaatkan panas (pendidihan), selama 15 – 20 menit. Cara ini akan efektif untuk menghilangkan bakteri atau mikroorganisme lain yang dapat menyebabkan penyakit (*Water Borne Disease*). Prinsip desinfeksi dengan pemanasan dikembangkan dari proses pasteurisasi milk yaitu dengan pemanasan pada 161°C selama 15 detik. Kelemahan pada prinsip ini sisa panas (residual) tidak dapat dipertahankan untuk pengamanan pada waktu kontak dan jarak tempuh tertentu. Dengan pemanasan 100°C mampu mereduksi hampir 100% dalam waktu 15 – 20 menit. (Mursid, 1991).

Ultraviolet . proses ini dilakukan dengan menggunakan radiasi gelombang pendek dari sinar ultra violet pada lapisan film air setebal 120 mm. Panjang gelombang yang dipergunakan 200 – 295 mikro meter. Hasil kajian pada tingkat kekeruhan < 20 ppm, untuk MPN 580 / 100 ml air 99,90%

tereduksi. Efisiensi tersebut akan mengalami penurunan pada tingkat kekeruhan yang lebih besar, sehingga prekondisi sebelum dilakukan desinfeksi sangat diperlukan. (Mursid, 1991)

3.2.2 Desinfeksi Secara Kimia

Bahan kimia pengoksidasi / oksidan terdiri dari : kelompok halogen seperti klorin, bromin, serta bentuk lainnya seperti klorin dioksida; ozon (O_3); oksidan lain seperti $KMnO_4$, dan peroksida H_2O_2 meskipun tidak seefektif halogen dan ozon. Diantara halogen, gas klorin dan senyawa klorin lainnya merupakan desinfektan yang efektif dan efisien. Bromin dan Iodin dapat digunakan untuk penggunaan di kolam renang. $KMnO_4$ yang harganya relatif mahal, merupakan bahan kimia desinfektan yang digunakan untuk berbagai keperluan di rumah sakit. Bahan ini meninggalkan warna dan bau yang tidak begitu disukai bila digunakan untuk air minum.

Ozon merupakan desinfektan yang kuat namun mahal, tanpa meninggalkan sisa ozon untuk pengaman di jaringan distribusi. Sering dianggap bahwa efektivitas oksidasi sebanding dengan efisiensi desinfeksi. Hal ini tidak sepenuhnya benar, untuk peroksida yang merupakan oksidan yang kuat namun bukan sebagai desinfektan yang baik. Ion logam seperti perak (Ag) efektif untuk penurunan kadar bakteri namun tidak efektif untuk virus dan kista, disamping harganya yang mahal. Ion tembaga (Cu) seperti $CuSO_4$ sangat efektif untuk penghilangan ganggang, namun buruk terhadap bakteri. (Hadi, 2000)

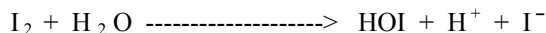
3.2.3 Jenis Bahan Kimia Pengoksidasi

Sedangkan untuk jenis bahan kimia pengoksidasi yang biasa digunakan adalah.

1). Bromine (Br_2) . Bromine sedikit melarut dalam air dan menimbulkan rasa pada konsentrasi tertentu. Mempunyai sifat yang hampir

sama dengan klorine dan akan terjadi “ *Break Point*“ bila larutan ini dibubuhkan pada air yang mengandung amonia. Dalam reaksinya akan terbentuk monobromamine, tribromamine, dibromamine. Beberapa keuntungan penggunaan bromine sebagai bahan desinfeksi adalah disamping mempunyai daya bunuh terhadap bakteri yang lebih baik, tidak menimbulkan iritasi pada mata juga tidak menimbulkan bau. Penggunaan bromine ini lebih banyak diterapkan pada kolam renang, dan sedikit pada air minum karena rasa yang ditimbulkan. (Mursid, 1991).

2). Iodine (I_2) . Di pasaran iodine berbentuk kristal padat yang mudah terurai dan korosif terhadap semua jenis logam. Kelarutan senyawa ini di dalam air kurang lebih 0,003%, dan kurang stabil. Sehingga untuk menaikkan kestabilan iodine di dalam air, perlu ditambahkan garam Iodide (I^-). Di dalam air I_2 akan terhidrolisa membentuk HOI, H, I^- menurut reaksi sebagai berikut :



Iodine mempunyai daya bunuh yang lebih rendah dari klorine sehingga dibutuhkan konsentrasi lebih besar untuk membuat kondisi yang sama dengan klorine. (Mursid, 1991)

3). Ozone (O_3). Ozon merupakan oksidan kuat untuk menghilangkan warna, bau / rasa, dan desinfeksi. Bila digabungkan dengan karbon aktif, dipasang setelah ozonisasi. Studi kelayakan ozonisasi memerlukan pertimbangan : sasaran yang akan diozonisasi dan kadarnya, metoda penanganan dan pengaruhnya bila diozonisasi, dampak kesehatan ozonisasi, dan dosis ozon yang ditetapkan berdasarkan hasil percobaan terhadap kualitas air baku dan kecepatan pembubuhan tergantung debit aliran dan dosis.

4). Klor (Cl) . Klor merupakan desinfektan yang paling banyak digunakan dalam air minum. Bahan ini dijumpai di pasaran dalam bentuk hipoklorite, klorine, klorida, yang masing – masing mempunyai sifat dan potensial oksidasi yang berbeda. (Mursid, 1991).

Biaya fisik, operasi dan pemeliharaan sistem ozon memerlukan kajian terhadap penggunaan klor plus karbon aktif dan koagulasi, yaitu pada saat air baku yang harus diolah mengandung zat organik yang menimbulkan bau / rasa dan warna yang sulit diatasi dengan cara tersebut di atas. (Hadi, 2000)

Ozon merupakan gas yang tidak stabil, dalam air sedikit melarut dan akan segera berubah menjadi oksigen pada waktu 30 menit. Mampu mereduksi warna 45 – 70%, mereduksi bau 70 – 80% pada sisa ozone 0,15 – 0,2 ppm, mereduksi coliform 95% pada sisa ozone 0,1 ppm. (Mursid, 1991)

3.3. Indikator Biologi

Istilah biologi sering di sebut dengan mikroorganisme, sebagai indikator untuk digunakan dalam analisa air. Mengacu pada mikroorganisme yang kehadirannya didalam air merupakan bukti bahwa air tersebut tercemat dengan bahan tinja manusia atau hewan berdarah panas. Artinya, terdapat peluang bagi berbagai macam mikroorganisme patogen yang secara berkala terdapat dalam saluran pencernaan untuk masuk ke dalam air tersebut.

Bakteri patogen biasa disebut Mikoplasma. Bakteri ini tersebar luas baik pada hewan maupun manusia. Organisme ini menjadi penyebab pleuropneumonia pada sapi, atritis pada tikus dan gangguan saraf pada mencit yang disebut penyakit bergulung. Organisme ini umum dijumpai dalam mulut manusia dan sering dijumpai pada saluran genitalia manusia. Mikoplasma adalah mikroorganisme terkecil yang dapat tumbuh dan berkembang biak diluar sel inang yang hidup (Wheeler dan Volk, 1988).

Bakteri patogen ada lebih berbahaya dari pada bakteri saproba terhadap keselamatan manusia, dan makanan merupakan perantara yang baik bagi menularnya bakteri patogen dari seseorang kepada orang lain. Penyakit-penyakit perut seperti disentri, typus, kolera, dapat berjangkit pada seseorang

setelah termakan olehnya makanan yang mengandung bibit penyakit tersebut (Dwidjoseputro, 1988).

Dengan demikian jika mikroorganisme indikator tersebut ditemui didalam sampel air berarti air tersebut tercemar oleh tinja dan kemungkinan cukup besar bahwa air tersebut mengandung bakteri patogen dan sebaliknya jika sampel air tersebut tidak mengandung mikroorganisme indikator berarti tidak ada pencemaran oleh tinja dan air tidak mengandung bakteri patogen. Tes dengan meneliti adanya mikroorganisme indikator adalah yang paling umum dan dapat dilaksanakan secara rutin. Beberapa ciri penting dari mikroorganisme indikator yaitu :

1. Terdapat dalam air tercemar dan tidak ada dalam air yang tidak tercemar oleh tinja manusia atau hewan berdarah panas.
2. Terdapat dalam air bila ada bakteri patogen.
3. Jumlah mikroorganisme indikator berkorelasi dengan kadar polusi.
4. Tidak berbahaya bagi manusia dan hewan.
5. Terdapat dalam jumlah yang cukup banyak dari pada bakteri patogen (hal ini membuatnya mudah dideteksi).
6. Mudah dideteksi dengan teknik-teknik laboratorium yang sederhana.

Beberapa spesies atau kelompok bakteri telah dievaluasi untuk menentukan sesuai tidaknya untuk digunakan sebagai mikroorganisme indikator. Diantara mikroorganisme indikator yang dipelajari, yang hampir memenuhi semua persyaratan suatu mikroorganisme indikator yang ideal yaitu bakteri *Escheria Coli* (coli tinja) dan kelompok bakteri lainnya. (Pramitasari, 2007).

3.4 Bakteri *Escherichia Coli* (E-coli)

Klasifikasi Bakteri *E. Coli* adalah sebagai berikut :

1. Dunia (Regnum): Tumbuhan.
2. Divisi : Protophyta.
3. Klas : Schizomycetes.
4. Ordo : Eubacteriales.
5. Sub-ordo : Pseudomona.
6. Famili : Enterobacteriaceae.
7. Genus : *Escherichia*.
8. Spesies : *Escherichia coli*.

Escherichia Coli merupakan penghuni normal dalam saluran pencernaan manusia dan hewan, maka digunakan secara luas sebagai indikator pencemaran. Bakteri dalam kelompok ini juga mrngakibatkan banyak infeksi pada saluran pencernaan makanan (enteric) manusia dan hewan, juga penyebab benyakit pada beberapa tanaman. Beberapa contoh ialah *Shigella* spp yang menyebabkan disentri, *Salmonella* spp yang menyebabkan demam tifoid dan infeksi – infeksi enteric lainnya.

Menurut Pelezar, M. J., dan Chan, E.C.S. 1988 ciri – ciri terpilih dari bakteri *E. Coli* adalah sebagai berikut :

- Morfologi sel : batang pendek (0,5 – 1,0 X 1,0 – 3,0 μm).
- Motil : sel – selnya peritrikus (yakni flagella secara merata tersebar diseluruh permukaan sel) atau nonmotil.
- Ciri – ciri biokomiawi : banyak sekali terjadi perubahan pada substrat, dan keterangan ini memberikan cara – cara dasar untuk pembedaan dan identifikasi spesies.
- Anaerobik fakultatif : bakteri parasit yang dapat di piara di luar hospes.
- Gram Negatif

Habitat : lingkungan akuatik, tanah, makanan, air seni, tinja.
 Patogenesitas : banyak spesies patogenetik bagi manusia dan hewan, beberapa patogenetik bagi tumbuhan.

Sementara itu menurut Dwidjoseputro, bakteri *E. Coli* berdasarkan temperaturnya termasuk jenis *bakteri mesofil (mesotermik)* yaitu bakteri yang hidup baik di antara 5° dan 60° C, sedang temperatur optimumnya ialah antara 25° sampai 40° C.

Bakteri golongan coli, merupakan jasad indikator didalam substrat air, bahan makanan dan lain sebagainya untuk kehadiran jasad berbahaya. Bakteri *E.Coli* mampu memfermentasi kaldu laktosa pada temperatur 45° C dengan berbentuk gas pada waktu 24 jam.

Berbeda dengan golongan coliform yang mempunyai ciri terdiri atas semua jenis bakteri aerobik dan anaerobik fakultatif yang mempunyai persamaan sifat, yaitu : gram negatif berbentuk batang, tidak membentuk spora dan mampu memfermentasi kaldu laktosa pada temperatur 35°C dengan berbentuk gas dalam waktu 48 jam (Pramitasari, 2007). Bakteri Coliform biasanya bisa berasal dari tanah, tanaman, dsb. Bakteri Coliform erat hubungannya dengan susu dan produk susu. Mereka mampu memfermentasi gula susu (laktosa) menjadi asam laktat dan asam-asam lain.

Dijumpai pada hewan yang melakukan fermentasi dan produk tumbuhan serta dalam rongga mulut, vagina, dan bakteri ini adalah penghuni normal usus bagian bawah pada manusia dan hewan (Pelezar dan Chan, 1988). Yang termasuk golongan ini antara lain : *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogeneses*, dan *Klebsiella pneumoniae*. Sebab-sebab kematian mereka adalah :

1. Zat makanan yang diperlukannya itu menjadi kurang sekali.
2. Hasil ekskresi bakteri itu sendiri menjadi bertimbun-timbun, sehingga mengganggu pembiakan dan pertumbuhan. (Dwijoseputro, 1998).

Kehadiran bakteri coli sangat tidak diharapkan karena merupakan parameter ada tidaknya materi fecal (yaitu materi yang bersama tinja atau kotoran manusia), dalam habitat air sangat diharuskan untuk penentuan kualitas air yang aman. Sehingga minimal ada tidaknya kelompok bakteri tersebut berdasarkan perhitungan perkiraan dengan metode tabel MPN sudah umum dilakukan dimana-mana. Mikroorganisme digunakan untuk mendeteksi pencemaran air yang disebabkan karena kurang sesuai mikroorganisme patogen untuk tujuan pemantauan. Bakteri-bakteri patogen ada bermacam-macam dan konsentrasinya agak rendah, hal ini menyebabkan bakteri tersebut sulit dideteksi dan tidak praktis. Selain itu, pengujian langsung mikroba sering kali mengalami kegagalan karena sebab-sebab berikut :

1. Beberapa jenis patogen sulit untuk dibiakkan di laboratorium.
2. Umumnya terdapat dalam jumlah kecil dan hanya hidup untuk jangka waktu yang pendek setelah lepas dari sumbernya.

Karena hal tersebut, maka analisa mikrobiologi untuk bakteri patogen biasanya berdasarkan “organisme penunjuk” (*organism indicator*). Bakteri-bakteri ini menunjukkan adanya pencemaran oleh tinja manusia atau hewan berdarah panas, dan mudah dideteksi. Dengan demikian bila organisme penunjuk ditemui didalam suatu sampel air, berarti sampel air tersebut mengandung bakteri patogen demikian pula sebaliknya. Tes dengan organisme petunjuk adalah paling umum dan dapat dilaksanakan dengan rutin, namun hasil tes ini tidak boleh dianggap sebagai jawaban yang definitive. (Pramitasari, 2007).

Escherichia (misal *Escherichia coli*) merupakan salah satu jenis kelompok bakteri yang sangat dihindari kehadirannya didalam suatu benda yang berhubungan dengan kepentingan manusia. Walaupun bakteri ini asalnya justru dari tinja manusia. Jenis-jenis lainnya dari kelompok ini, antara lain disini adalah yang termasuk *Aerobacter* dan *Klebsiella*

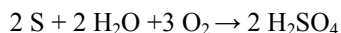
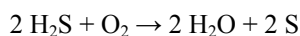
Bakteri *E. Coli* biasa digunakan sebagai mikroorganisme indikator karena bakteri ini mempunyai derajat resisten yang lebih tinggi dari pada bakteri patogen yang tidak berasal dari tinja. Selain itu karena *E. Coli* adalah mikroorganisme indikator yang paling efisien, karena bakteri tersebut hanya dan berasal dari tinja. Alasan lain adalah karena *E. Coli* juga hampir memenuhi semua persyaratan mikroorganisme indikator (Yusuf, 2005). Sehingga berdasarkan asal dan sifatnya, kelompok bakteri coli dibagi menjadi dua golongan, yaitu :

1. Coli-fecal, seperti *Escherichia* yang betul-betul berasal dari tinja manusia.
2. Coli-nonfecal, seperti *Aerobacter* dan *Klebsiella* yang bukan berasal dari tinja manusia, tetapi mungkin berasal dari sumber lain. (Pramitasari, 2007).

Menurut Dwidjoseputro, 1980 asam – asam yang dihasilkan oleh bakteri adalah sebagai berikut :

1. Asam belerang (H_2SO_4)

Banyak bakteri – belerang dapat mengoksidasikan hidrogen – sulfida menjadi unsur S bebas atau menjadi asam belerang. Asam belerang ialah suatu asam anorganik. Terjadinya asam ini dapat dituliskan sebagai berikut :



Proses seperti dituliskan diatas dapat dilakukan dengan jalan kemosintetik maupun dengan jalan fotosintetik oleh bakteri didalam tanah yang banyak mengandung hidrogen – sulfida atau didalam tanah yang diberi belerang. Sebagian dari asam yang timbul karen proses tersebut dinetralisasikan oleh karbonat - karbonat yang terkandung didalam tanah.

2. Asam nitrat (HNO_3)

Asam organik ini terbentuk karena kegiatan bakteri nitrifikasi. Amoniak dioksidasikan menjadi nitrit oleh *Nitrosomonas* atau oleh *Nitrosoccus*, kemudian nitrit diteruskan pengoksidasiannya oleh *Nitrobacter* hingga

terjadilah asam nitrat. Peristiwa nitrifikasi ini menambah kesuburan tanah, karena tanaman tinggi pada umumnya mengambil unsur N itu dalam bentuk nitrat.

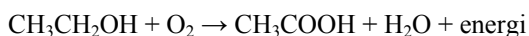
3. Asam susu ($\text{CH}_2\text{CHOH.COOH}$)

Asam organik ini terdapat sebagai hasil penguraian bermacam – macam zat organik. Fermentasi karbohidrat, terutama gula, oleh bakteri asam susu, menghasilkan asam susu. Gula laktosa yang terdapat didalam susu merupakan substrat yang baik bagi *Streptococcus Lactis* dan *Laktobasillus*. Yang pertama menghasilkan 1 % asam susu sebelum mencapai pH yang menekannya; yang kedua menghasilkan asam susu sampai 4 %. Asam susu yang timbul didalam mulut karena kegiatan bakteri dapat merusak gigi.

4. Asam cuka (CH_3COOH)

Sejak dahulu orang mengetahui bahwa alkohol jika dibiarkan kena udara akan berubah menjadi asam. Hal ini disebabkan oleh asam cuka yang timbul sebagai hasil kegiatan bakteri dari genus *Acetobacter*. Bakteri ini aerob; beberapa spesies diantaranya dapat menghasilkan 6 sampai 10 % asam cuka. Proses kimianya sebagai berikut

Acetobacter



Etanol

Asam Cuka

Untuk mempercepat terbentuknya asam cuka, maka dalam pembuatan asam cuka perlu pengudaraan yang baik.

5. Asam lemak ($\text{C}_x \text{H}_{2x} + \text{COOH}$)

Beberapa macam asam lemak yang dihasilkan oleh bakteri ialah asam propionat, asam butirrat, asam valerat, asam kaproat, asam kaprilat.

Asam propionat ($\text{C}_2\text{H}_3\text{COOH}$) dihasilkan oleh *propionibacterium*, dan asam ini sangat penting dalam pembuatan keju di Swiss.

Asam butirat (C_3H_7COOH) dihasilkan oleh beberapa spesies dari genus *Clostridium* dan beberapa genera lainnya. Asam ini penting untuk menghasilkan butil – alkohol, aseton, isopril alkohol.

Asam lemak dengan jumlah atom C yang lebih banyak seperti asam valerat (C_4H_9COOH), asam kaproat ($C_5H_{11}COOH$), asam kaprilat ($C_7H_{11}COOH$) juga dapat dihasilkan beberapa spesies bakteri, akan tetapi hal itu tidak penting untuk perusahaan.

3.5 Perhitungan Mikroorganisme

Menghitung mikroorganisme dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain : Metode Pengenceran, Metode Membran Filter, Metode MPN (*Most Probable Number*)

3.5.1 Metode Pengenceran.

Metode pengenceran merupakan suatu seri pengenceran dari sampel, yang kemudian ditanamkan pada media. Setelah diinkubasikan, jumlah koloni yang tumbuh dapat dihitung dengan anggapan bahwa 1 koloni yang tumbuh berasal dari satu sel, maka jumlah sel pada sample asal bisa dihitung dengan cara mengalikan jumlah koloni dengan factor pengenceran. Pengenceran biasanya dinyatakan dengan pangkat negatif, misalnya 10^{-3} untuk pengenceran 1:1000. Dari metode ini kita akan melakukan penghitungan jumlah mikroorganisme dari sample-sampel yang ada.

3.5.2 Metode Membran Filter.

Metode ini menggunakan prinsip filtrasi dengan menggunakan membran filter dengan ukuran porositas 0,45 μm . Untuk pengujian air minum diperlukan 100-150 ml, sample yang dilewatkan pada membran filter steril (sample yang ideal adalah sample yang menghasilkan 50-200 koloni). Filter yang telah mengandung bakteri selanjutnya ditaruh secara aseptik pada media

steril yang sesuai didalam cawan petri. Untuk penentuan coliform total digunakan media M - FC. Untuk penentuan coliform total diperlukan suhu inkubasi $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ selama 22 - 24 jam, adapun untuk penentuan coli tinja diperlukan waktu inkubasi selama 24 ± 2 jam pada suhu $44,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$. (TIM, 2003).

3.5.3 Metode MPN (*Most Probable Number*)

Pengujian air untuk jumlah bakteri golongan coli dilakukan dalam beberapa tingkatan yaitu : pengujian perkiraan, pengujian penegasan dan pengujian lengkap. Pengujian perkiraan merupakan uji pendahuluan untuk menduga apakah didalam air terdapat bakteri coli. Pengujian perkiraan dinyatakan positif jika terbentuk gas pada tabung peragian. Tetapi yang positif pada pengujian ini belum tentu air tersebut mengandung bakteri coli, sebab banyak bakteri lain yang dapat meragikan laktosa dengan menghasilkan gas. Hal ini disebut pengujian perkiraan semu, karena itu perlu pengujian lanjutan.

Pengujian penegasan dilakukan dengan cara meneruskan pengujian perkiraan yang positif kedalam media *Brilliant Green Lactose Bile Broth* (BGLBB). Jika dalam medium cair ini terbentuk gas berarti pengujian dinyatakan positif. Pengujian lengkap bertujuan untuk meyakinkan hasil pengujian penegasan. Untuk pengawasan kualitas air cukup dilakukan analisa pengujian penegasan, akan tetapi untuk studi kasus boleh dilanjutkan sampai pengujian lengkap.

Pengujian lengkap dilakukan untuk meyakinkan hasil pengujian penegasan. Untuk pengawasan kualitas air cukup dilakukan analisa pengujian penegasan, akan tetapi untuk studi kasus boleh dilanjutkan sampai pengujian lengkap.

3.6 Kebutuhan Klor dalam Desinfeksi

Dalam pelaksanaan desinfeksi, hal yang perlu diperhatikan adalah dosis klor dan konsentrasi maksimum klor. (Mursid, 1991)

1. Kebutuhan Klor untuk Desinfeksi

Kebutuhan klor adalah jumlah klor yang dibutuhkan untuk mencapai *break point chlorinasi*. Jumlah klor yang dibutuhkan untuk chlorinasi tergantung pada kualitas air baku, karena adanya fluktuasi kualitas air dari waktu ke waktu maka jumlah klor yang dibutuhkan juga berbeda dari waktu ke waktu, seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini:

Tabel 2. Kadar klor yang dibutuhkan pada 130 Perusahaan Air Minum di Amerika Serikat

	Rata – rata	Maksimum	Minimum
Kebutuhan	3	65	0
Residu chlor aktif * (Mg Cl ₂ / λ)	1, 2	7	0 – 0.04
Waktu kontak ** (Menit)	45	720	0

Sumber: Alaerts dan Santika, 1996

* Sebelum masuk distribusi air minum

** Termasuk waktu detensi dalam clear – well

2. Konsentrasi Maksimum dalam Desinfeksi

Kemampuan oksidasi yang dimiliki klorine sebagai bahan desinfeksi mempunyai batas konsentrasi yang masih aman bagi tubuh manusia. Hal ini menunjukkan bahwa apabila terjadi kelebihan dosis pembubuhan klorine akan berpengaruh pada rasa dan bau air dan pengaruh lain pada tubuh manusia. Disamping itu dari segi ekonomis pemakaian yang berlebih, tidak diharapkan karena akan meningkatkan biaya operasi. Sehingga perlu ada batasan konsentrasi klor yang masih aman, ekonomis, dan tercapai sasaran proses

desinfeksi. Beberapa pengaruh penggunaan klorine pada berbagai tingkat konsentrasi seperti pada tabel berikut :

Tabel.3 Pengaruh Klor Bebas Pada Beberapa Tingkat Konsentrasi

No	Konsentrasi Klor bebas	Efek yang ditimbulkan
1.	3, 5 ppm	Menimbulkan bau
2.	15 ppm	Iritasi pada mata
3.	30 ppm	Menimbulkan batuk
4.	60 ppm	Membahayakan

Sumber: R Mursid, 1991

IV ANALISA PROSES DESINFEKSI

Implementasi proses desinfeksi pada air baku untuk dijadikan air bersih, yaitu dilakukan pengamatan dengan penekanan pada factor : Waktu Pengadukan, Jenis Mikroorganisme, Temperatur, Jenis Desinfektan, Dan Ph. Pengamatan dengan melakukan proses koagulasi – flokulasi. Hasil koagulasi dengan nilai kekeruhan 0, 76 NTU. Dari pengukuran diperoleh hasil bahwa kandungan bakteri E. Coli sangat tinggi yaitu ≥ 1600 sedangkan pH terukur 7,71

4.1 Pengaruh Waktu Pengadukan (menit) Terhadap Jumlah Mikroorganisme (MPN)

Hasil analisa yang telah dilakukan diperoleh bahwa hasil jumlah bakteri E. Coli yang dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Pengaruh Waktu Pengadukan Dengan Dosis Calsium Hypochlorite ($\text{Ca}(\text{OCl}_2)$) Dalam Mg/Lt Terhadap Jumlah Mikroorganisme (MPN)

Waktu Pengadukan (menit)	Dosis Kaporit (mg/lit)/ Jumlah Bakteri E. Coli				
	1	1,5	2	2,5	3
10	220	190	170	140	110
15	170	140	130	110	90
20	130	110	70	60	50
25	110	70	40	34	22
30	70	34	21	9	< 2

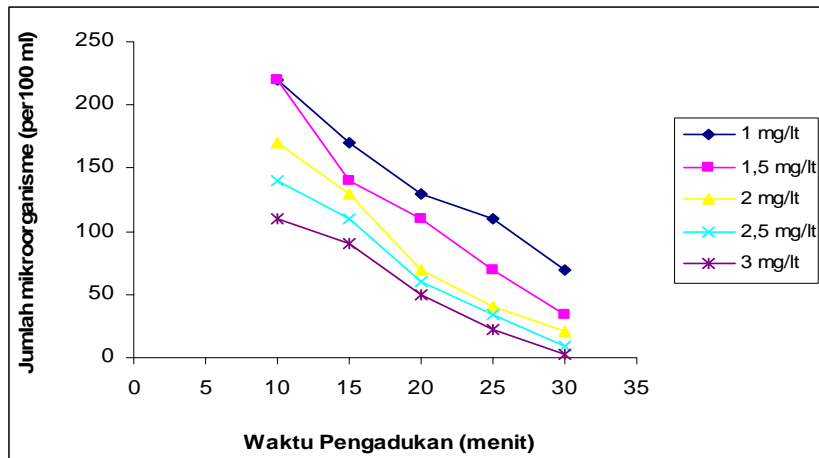
Pengaruh waktu pengadukan dalam proses analisa penurunan jumlah bakteri E. Coli merupakan faktor penting. Semakin lama waktu pengadukan maka semakin banyak pula jumlah mikroorganisme yang mati.

Berdasarkan 5 dapat dilihat bahwa pada waktu pengadukan 10 menit dengan dosis kaporit 1; 1, 5 ; 2 ; 2, 5 dan 3 mg/lt diperoleh kemampuan penurunan jumlah bakteri E. Coli yaitu 220, 190, 170, 140, dan 110 per 100 ml. Pada waktu pengadukan 15 menit dengan dosis yang sama diperoleh penurunan bakteri E. Coli yaitu 170, 140, 130, 110, dan 90 per 100 ml.

Pada waktu pengadukan 20 menit dengan dosis yang sama diperoleh penurunan bakteri E. Coli yaitu 130, 110, 70, 60, dan 50 per 100 ml. Begitu pula pada waktu pengadukan 25 menit dengan dosis yang sama diperoleh penurunan bakteri E. Coli yaitu 110, 70, 40, 34, dan 22 per 100 ml. Dan bila berturut – turut waktu pengadukan diperpanjang hingga 30 menit dengan dosis yang sama, penurunan jumlah bakteri E. Coli semakin kecil yaitu 70, 34, 21, 9, dan < 2 per 100 ml.

Berdasarkan hasil pengamatan terlihat bahwa dengan penambahan dosis Calcium Hypochlorite ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) sebanyak 2,5 mg/lt dengan waktu pengadukan 30 menit, jumlah bakteri E. Coli sudah memenuhi persyaratan kualitas air bersih yaitu 9 per 100 ml. Jumlah bakteri E. Coli berdasarkan persyaratan kualitas air bersih adalah 10 per 100 ml.

Temperatur juga berpengaruh dalam proses desinfeksi kali ini., E. Coli tumbuh baik pada temperatur antara 8° sampai 45° C. sedangkan temperature maksimum untuk pertumbuhan E. Coli adalah 37° C (Dwidjoseputro, 1980). Untuk itu, secara keseluruhan penurunan jumlah mikroorganisme yang dipengaruhi oleh waktu pengadukan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Antara Waktu Pengadukan dengan Jumlah Mikroorganisme.

Dari Gambar 1 dapat dilihat penurunan jumlah bakteri sangat cepat pada waktu awal percobaan. Hal ini disebabkan oleh efek dari desinfektan, desinfektan ini mempengaruhi beberapa bagian sel yang sangat vital. Bagian sel yang paling rentan terhadap cara kerja desinfektan adalah membran sitoplasma, enzim tertentu, dan protein seperti yang terdapat dalam dinding sel.

Terlihat bahwa hasil yang terbaik adalah pada saat waktu pengadukan 30 menit dengan dosis kaporit 2,5 mg/Lt diperoleh jumlah bakteri E.Coli yaitu 9 per 100 ml. Hal ini disebabkan oleh lamanya waktu yang diperlukan desinfektan untuk membunuh mikroorganisme. Semakin lama waktu kontak maka semakin banyak pula mikroorganisme yang mati.

4.2 Pengaruh Waktu Pengadukan Terhadap Presentase Penurunan Jumlah Mikroorganisme (%)

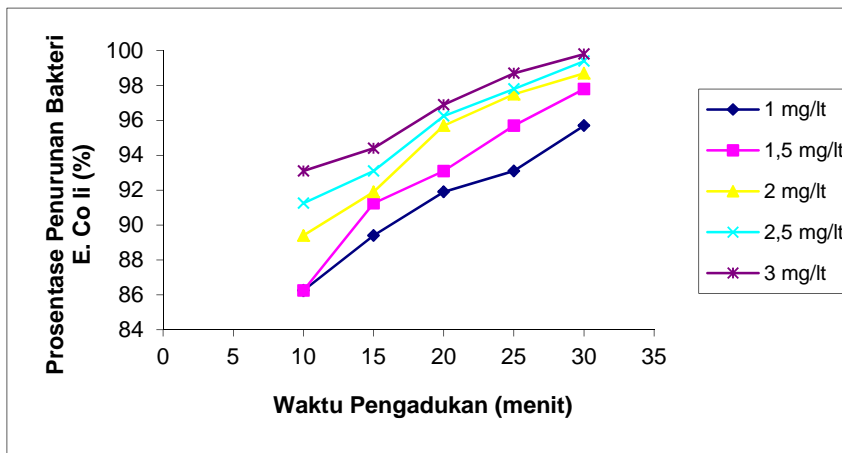
Berdasarkan data pada Tabel 5 diatas maka dapat dihitung pula presentase penurunan jumlah bakteri E. Coli seperti pada Tabel 6.

Tabel 5 Pengaruh Waktu Pengadukan Terhadap Prosentase Penurunan Bakteri E. Coli (%)

Waktu Pengadukan (menit)	Dosis Kaporit (mg/lit)/ Prosentase Penurunan				
	1	1,5	2	2,5	3
10	86,25 %	88,13 %	89,40 %	91,25 %	93,10 %
15	89,40 %	91,25 %	91,90 %	93,10 %	94,40 %
20	91,90 %	93,10 %	95,70 %	96,25 %	96,90 %
25	93,10 %	95,70 %	97,50 %	97,80 %	98,70 %
30	95,70 %	97,80 %	98,70 %	99,40 %	99,80 %

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dilihat bahwa pada waktu pengadukan 10 menit dengan dosis kaporit 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 dan 3 mg/lit diperoleh prosentase penurunan sebesar 86,25%; 88,13%; 89,40%; 91,25% dan 93,10%. Pada waktu pengadukan 15 menit dengan dosis yang sama diperoleh prosentase penurunan sebesar 89,40%; 91,25%; 91,90%; 93,10% dan 94,40%. Pada waktu pengadukan 20 menit dengan dosis yang sama diperoleh prosentase penurunan sebesar 91,90%; 93,10%; 95,70%; 96,35% dan 96,90 %..

Begitu pula pada waktu pengadukan 25 menit diperoleh prosentase penurunan sebesar 93,10%; 95,70%; 97,50%; 97,80% dan 98,70%. Dan bila berturut – turut waktu pengadukan diperpanjang hingga 30 menit dan dengan dosis yang sama pula, maka diperoleh prosentase penurunan sebesar 95,70%; 97,80%; 98,70%; 99,40% dan 99.80%. Secara keseluruhan prosentase penurunan bakteri E. Coli ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Hubungan Antara Prosentase Penurunan Bakteri E. Coli dengan Variasi Dosis (Mg/Lt) Dan Waktu Pengadukan .

Pada Gambar .2 dapat dilihat bahwa terjadi kenaikan prosentase penurunan bakteri E. Coli pada tiap penambahan dosis desinfektan. Hal ini disebabkan karena semakin kecilnya jumlah bakteri E. Coli yang didapat. Terlihat pada penambahan dosis kaporit 3 mg/Lt dengan waktu pengadukan 30 menit prosentase penurunan bakteri E. Coli berlangsung secara maksimal yaitu 99,80%, tetapi pada saat penambahan dosis kaporit 2,5 mg/Lt dengan waktu pengadukan 30 menit dan prosentase penurunan bakteri E. Coli 99,40 % sudah dapat memenuhi persyaratan air bersih. Semakin kecil jumlah bakteri E. Coli maka semakin tinggi prosentase penurunannya.

Dosis kaporit maksimum yang digunakan adalah 3 mg/Lt karena lebih dari 3 mg/Lt dapat menyebabkan gangguan kesehatan (Mursid, 1991). Sedangkan waktu pengadukan yang digunakan antara 10 sampai 30 menit jumlah bakteri sudah memenuhi persyaratan kualitas air bersih. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, masih diperlukan penelitian lanjutan dengan penambahan dosis Calcium Hypochlorite lebih dari 3 mg/Lt agar

diperoleh grafik penurunan jumlah bakteri E. Coli seperti bentuk kurva pertumbuhan mikroorganisme.

4.3 Pengaruh Waktu Pengadukan (menit) terhadap Derajat Keasaman (pH)

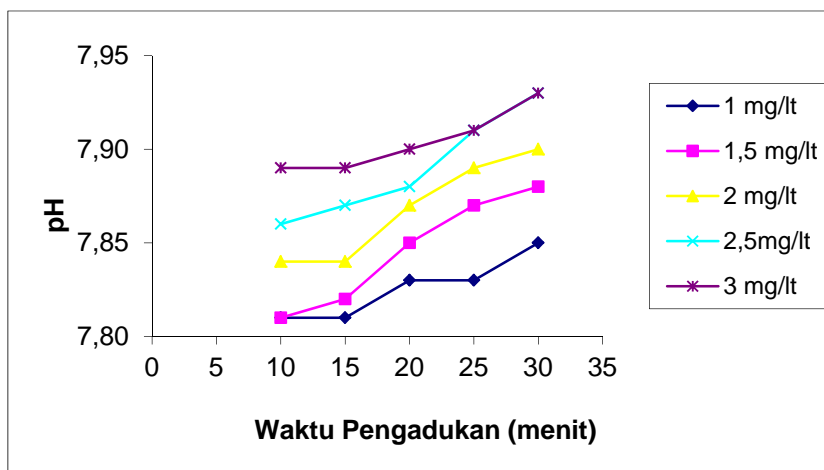
Derajat keasaman (pH) adalah salah satu faktor penting dalam proses desinfeksi. Bakteri E. Coli adalah bakteri patogen penyebab berbagai macam penyakit. Bakteri patogen tidak akan hidup lama dalam air yang sangat asam atau basa, seperti air dengan $\text{pH} < 3$, atau > 11 (Hadi, 2000). Berdasarkan hasil analisa, nilai pH dapat dilihat dalam tabel 7.

Tabel 7. Pengaruh Waktu Pengadukan (Menit) Terhadap Derajat Keasaman (Ph)

Waktu Pengadukan (menit)	Dosis Kaporit (mg/l)/pH				
	1	1,5	2	2,5	3
10	7,81	7,81	7,84	7,86	7,89
15	7,81	7,82	7,84	7,87	7,89
20	7,83	7,85	7,87	7,88	7,90
25	7,83	7,87	7,89	7,91	7,91
30	7,85	7,88	7,90	7,93	7,93

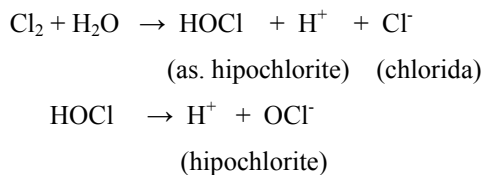
Dari Tabel 7. dapat dilihat bahwa pada waktu pengadukan 10 menit dengan dosis kaporit 1 ; 1,5 ; 2 ; 2,5 dan 3 mg/l diperoleh 7,81 ; 7,81; 7,84; 7,86 dan 7,89. Pada waktu pengadukan 15 menit dengan dosis yang sama

diperoleh pH 7,81; 7,82; 7,84; 7,87 dan 7,89. Pada waktu pengadukan 20 menit dengan dosis yang sama diperoleh pH 7,83; 7,85; 7,87; 7,88 dan 7,90. Begitu pula pada waktu pengadukan 25 menit diperoleh pH 7,83; 7,87; 7,89; 7,91 dan 7,91. Dan bila berturut – turut waktu pengadukan diperpanjang hingga 30 menit dengan dosis yang sama diperoleh pH 7,85; 7,88; 7,90; 7,93 dan 7,93. Secara keseluruhan nilai pH dapat dilihat pada Gambar 3



Gambar 3. Hubungan Antara Waktu Pengadukan dengan pH
Air Baku Setelah Penambahan Calcium Hypochlorite $\text{Ca}(\text{OCl})_2$

Apabila gas Chlor (Cl_2) dimasukkan kedalam air maka akan terjadi reaksi yang menghasilkan atom (HOCl) dan ion hipochlorite (OCl^-) seperti reaksi sebagai berikut :



Pada reaksi pertama jika pH larutan lebih dari 4 maka keseimbangan reaksi bergeser ke arah kanan sehingga Cl_2 dalam larutan akan menurun membentuk HOCl . HOCl inilah yang bisa membunuh bakteri bakteri jika bereaksi dengan enzim dibawah sel. Enzim mempunyai peranan penting dalam metabolisme sel, jika enzim rusak maka metabolisme tidak aktif sehingga sel akan mati (Yusuf, 2005).

Berdasarkan hasil penelitian Yusuf, 2005. Pada proses desinfeksi dengan sampel air sumur, nilai pH dipengaruhi juga oleh waktu pengadukan. Dari penelitian tersebut diperoleh nilai pH optimum yaitu 7,26 pada saat waktu pengadukan 45 menit dan dengan dosis Calcium Hypochlorite 2,5 mg/l.

Dari Gambar 3, terlihat bahwa nilai pH semakin naik, hal ini disebabkan karena semakin menurunnya Cl_2 dalam larutan dan semakin banyak HOCl yang terbentuk. Dari grafik 4.3 terlihat bahwa pH minimum adalah 7,80 dengan waktu pengadukan 10 menit. Sedangkan pH maksimum adalah 7,93 dan terjadi pada saat waktu pengadukan 30 menit, hal ini disebabkan karena jika pH melebihi 7,80 HOCl akan membentuk ion hipochlorite seperti pada reaksi (4.3). Jadi semakin lama waktu pengadukan semakin banyak HOCl yang terbentuk, maka semakin banyak pula atom zat asam yang lepas, hal ini menyebabkan pH semakin naik.

V PENUTUP

Dari pengamatan yang dilakukan di laboratorium Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil Perencanaan UPN “Veteran” Jawa Timur, terhadap proses koagulasi dari air baku dapat diinformasikan sebagai berikut.

Bahwa dalam kisaran variabel yang diamati, dengan peningkatan dosis Calcium Hypochlorite ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) dari 1 mg/lit sampai 3 mg/lit pada proses desinfeksi maka jumlah bakteri E. Coli yang diturunkan semakin banyak.

Bertambah lamanya waktu pengadukan dari 10 menit sampai 30 menit pada proses desinfeksi juga berpengaruh pada penurunan jumlah bakteri E. Coli.

Dosis maksimum Calcium Hypochlorite ($\text{Ca}(\text{OCl})_2$) yang digunakan adalah 3 mg/lit karena lebih dari 3 mg/lit dapat menyebabkan air berbau dan juga gangguan pada kesehatan manusia.

Pada dosis Calcium Hypochlorite $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 2,5 mg dalam 1 liter air baku Saluran Pematuan Terusan Kebon Agung dengan waktu pengadukan 30 menit mampu menurunkan jumlah bakteri E. Coli sebesar 99,40 %.

Perlu dilakukan analisis keberadaan bakteri lain (Salmonella), dan juga buthkan penelitian lanjutan untuk mengkaji hasil yang lebih baik perlu kiranya

mengevaluasi/mengkaji sisa klor. Disamping itu untuk penelitian terkait dengan proses desinfeksi sebaiknya dilakukan dengan metode yang lain, misalnya metode membran filter.

DAFTAR PUSTAKA

- Alaert, G dan Santika , S. S, 1987, Metode Penelitian Air. Penerbit Usaha Nasional. Surabaya.
- Austin, G., Industri Proses Kimia. Penerbit Erlangga, Jilid 1 Edisi 5, Jakarta.
- Dwijoseputro, D. 1988, Dasar – Dasar Mikrobiologi . Percetakan Karya Unipress, Cetakan 13, Jakarta.
- Hadi, F. , 1980, Ilmu Teknik Penyehatan 2.
- Hadi, W. , 2000 , Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Minum, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP, ITS, Surabaya.
- Mursid, R. , 1991, Tugas Akhir Proporsional Chlorination, Program Studi Teknik Lingkungan, FTSP, ITS, Surabaya.
- Pelezar, M. J. Jr., dan Chan, E. C. S. , 1988. Dasar – Dasar Mikrobiologi, Penerbit Universitas Indonesia (UI - Press), Jakarta.
- Pramitasari, D. 2007., Pengaruh Desinfektan Terhadap Coliform Dalam Air Tanah, Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UPN. Jatim, Surabaya.
- Prast' I Jono, Drs, 1986, Mengenal Gas Chlor dan Gas Feedernya, Penerbit P.T. Inti Kaliasin, Jakarta.
- Razif, M., 1986, Bangunan Pengolahan Air Minum, FTSP, ITS, Surabaya.

- Tim, 2003., Penuntun Praktikum Mikrobiologi Lingkungan, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UPN. Jatim, Surabaya.
- Volk, W.A dan Wheeler, M.F., 1988, Mikrobiologi Dasar, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Yusuf, M., 2003., Kajian Pengukuran Jarak terhadap Sisa Chlor dan Bakteri Escherichia Coli pada Jaringan Distribusi Air Minum PDAM Kabupaten Nganjuk, Skripsi, Jurusan Teknik Lingkungan, FTSP, UPN. Jatim, Surabaya.

LAMPIRAN

1. Prosedur Analisa Pengujian Perkiraan (Presumptive Test)

1. Timbang bahan yang terdiri dari ekstrak daging 3 gr, pepton 5 gr dan laktosa 5 gr untuk media 10 ml. Sedangkan untuk media 5 ml timbang bahan dengan berat 3 kali dari media 10 ml. Masukkan kedalam erlenmeyer, campurkan dengan 100 ml aquadest.
2. Panaskan diatas kompor listrik sambil diaduk sampai semua bahan padat larut. Atur pH sehingga didapatkan pH netral.
3. Tuang media laktosa kedalam tabung reaksi. Lima tabung berisi 5 ml media dan lima tabung berisi 10 ml media.
4. Tabung reaksi, tabung Durham, pipet gondok dan pipet tetes sterilkan dalam autoclaf pada suhu 121° C selama 1 jam.
5. Keluarkan dari autoclaf, masukkan kedalam incase secara steril, lima tabung yang masing – masing berisi 5 ml media ditanami 10 ml contoh air, lima tabung yang masing – masing berisi 10 ml media ditanami 1 ml contoh air, lima tabung yang masing – masing berisi 10 ml media ditanami 0.1 ml contoh air.
6. Masukkan kedalam inkubator dengan suhu 45° C selama 24 jam. Setelah itu amati apakah didalam tabung Durham berisi gas, apabila berisi gas berarti positif dan apabila tidak berisi gas berarti negatif.
7. Tabung yang positif dilanjutkan ke pengujian penegasan.

2. **Prosedur Analisa Pengujian Penegasan (Confirmative Test)**

1. Timbang bahan BGLBB (Brilliant Green Lactose Bile Broth) sebanyak 40 gr. Masukkan kedalam erlenmeyer, campurkan dengan 100 ml aquadest.
2. Panaskan diatas kompor listrik sambil diaduk sampai semua bahan padat larut. Atur pH sehingga didapatkan pH netral.
3. Tuang media BGLBB kedalam tabung reaksi dan lima tabung berisi 10 ml masing – masing berisi 5 ml media.
4. Tabung reaksi, tabung Durham dan pipet tetes sterilkan dalam autoclaf pada suhu 121° C selama 1 jam.
5. Keluarkan dari autoclaf, masukkan kedalam incase secara steril, masing – masing tabung yang berisi 5 ml media ditanami contoh air dari tabung media laktosa yang positif dengan menggunakan jarum ose.
6. Masukkan kedalam inkubator dengan suhu 45° C selama 24 jam. Setelah itu amati apakah didalam tabung Durham berisi gas, apabila berisi gas berarti positif dan apabila tidak berisi gas berarti negatif.
7. Tabung yang positif dihitung jumlah bakterinya dengan menggunakan metode MPN (*Most Probable Number*) dengan menggunakan tabel Hopkins.

3. Prosedur Analisa pH

1. Tuangkan sampel kedalam beaker glass secukupnya.
2. Celupkan batang sensor pH meter kedalam larutan buffer 4, atur tombol sehingga menunjukkan angka 4, bilas sensor dengan aquadest.
3. Celupkan batang sensor pH meter kedalam larutan buffer 7, atur tombol sehingga menunjukkan angka 7, bilas sensor dengan aquadest
4. Celupkan batang sensor pH meter kedalam larutan buffer 10, atur tombol sehingga menunjukkan angka 10, bilas sensor dengan aquadest
5. Celupkan batang sensor pH meter kedalam sampel.
6. Catat angka yang tertera sebagai nilai pH sampel.
7. Bilas batang sensor dengan menggunakan aquadest.
8. Lakukan prosedur yang sama pada sampel lain.

3. Prosedur Analisa Pengujian Pelengkap (Completed Test)

1. Timbang bahan EMB (Eosine Methylene Blue) sebanyak 49 gram. Masukkan kedalam erlenmeyer, campurkan dengan 100 ml aquadest.
2. Panaskan diatas kompor listrik sambil diaduk sampai semua bahan padat larut. Atur pH, sehingga didapatkan pH netral.
3. Tuang media EMB kedalam tabung reaksi sebanyak 10 ml. Kemudian tutup dengan mulut tabung dengan kapas dan bungkus dengan alumunium foil.

4. Bungkus cawan petri untuk pembuatan agar datar dengan kertas.
5. Media EMB dan cawan petri yang telah dibungkus kertas kemudian sterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 24 jam.
6. Keluarkan dari autoklaf kemudian masukkan kedalam incase secara steril.
7. Tuangkan 3 tetes sampel yaitu tabung BGLBB yang positif kedalam cawan petri dengan posisi miring atau buka tutup cawan petri sedikit saja.
8. Kemudian tuangkan media agar miring ke cawan petri, biarlan hingga dingin dan memadat.
9. Bungkus kembali cawan petri yang berisi bakteri isolat dan simpan dalam inkubator dengan tutup dibawah (dibalik) selama 24 jam.
10. Keluarkan dari inkubator dan amati bentuk koloni bakteri dengan menggunakan mikroskop.
11. Untuk koloni bakteri E. Coli membentuk koloni berwarna gelap dengan kilauan metalik kehijauan sedangkan untuk coliform berwarna kuning keemasan.

PERATURAN MENTERI KESEHATAN RI

NOMOR 16/MENKES/PER/IX/1990

TANGGAL : 3 SEPTEMBER 1990

DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR BERSIH

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	Keterangan
	A. FISIKA			
1	Bau	-	-	Tidak barbau
2	Jumlah zat padat terlarut (TDS)	mg/L	1500	-
3	Kekeruhan	Skala	25	-
4	Rasa	NTU	-	Tidak berbau
5	Suhu	-	Suhu udara $\pm 3^{\circ}\text{C}$	
6	Warna	$^{\circ}\text{C}$ Skala TCU	50	
	B. KIMIA			
	a.Kimia Anorganik			
1	Air Raksa	mg/L	0,001	
2	Arsen	mg/L	0,05	
3	Besi	mg/L	1,0	
4	Fluorida	mg/L	1,5	
5	Kadmium	mg/L	0,005	
6	Kesadahan (CaCO_3)	mg/L	500	
7	Khlorida	mg/L	600	
8	Kromium, val 6	mg/L	0,05	
9	Mangan	mg/L	0,5	
10	Nitrat, sebagai N	mg/L	10	Merupakan
11	Nitrit, sebagai N	mg/L	1,0	batas
12	PH	mg/L	6,5 - 9,5	minimum dan
13	Selenium	mg/L	0,01	maksimum.
14	Seng	mg/L	15	Khusus air
15	Sianida	mg/L	0,1	hujan, pH
16	Sulfat	mg/L	00	minimum 5,5
17	Timbal	mg/L	0,05	

(lanjutan)

DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR BERSIH

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksim Yang Diperbolehkan	Keterangan
	b. Kimia Organik			
1	Aldrin dan Dieldrin	mg/L	0,0007	
2	Benzene	mg/L	0,01	
3	Benzo(a)pyrene	mg/L	0,00001	
4	Chlordane	mg/L	0,007	
5	Chloroform	mg/L	0,03	
6	2,4-D	mg/L	0,10	
7	DDT	mg/L	0,03	
8	Detergen	mg/L	0,5	
9	1,2 Dichloroethane	mg/L	0,01	
10	1,1 Dichloroethane	mg/L	0,0003	
11	Heptachlor dan	mg/L	0,003	
12	Heptachlor epoxide	mg/L	0,00001	
13	Hexachlorobenzene	mg/L	0,004	
14	Gamma-HCH (Lindane)	mg/L	0,10	
15	Methoxychlor	mg/L	0,01	
16	Pentachlorophenol	mg/L	0,10	
17	Pestisida total	mg/L	0,01	
	2,4,6-trichlorophenol			
	Zat Organik (KmnO_4)	mg/L	10	
	C. MIKROBIOLOGI			
	Koliform tinja	Jml/10 0 ml	50	Bukan air perpipaan Air Perpipaan
	Total Koliform (MPN)	Jml/10 0 ml	10	

(lanjutan)

8DAFTAR PERSYARATAN KUALITAS AIR BERSIH

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan	Keterangan
	D. ADIOAKTIFITAS			
	Aktivitas alpha (Gross Alpha Activity)	Bq/L	0,1	
	Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bq/L	1,0	

Keterangan :

mg = milligram

ml = mililiter

L = liter

Bq = Bequerel

NTU = Nephelometric Turbidity Unit

TCL = True Color Unit

Logam berat merupakan logam berat terlarut